

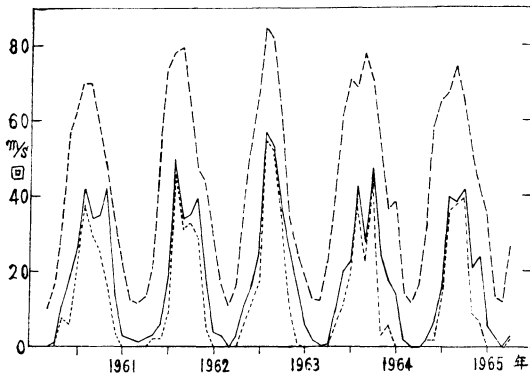
鹿児島における2重圏界面の考察*

坂井 泉・畑中 幸雄・長崎 章雄**

要旨: 鹿児島で観測された2重圏界面の第1圏界面は、そのほとんどが亜熱帯前線で、その出現は可成り多い。この前線の状態曲線の形と、ジェット気流そのほか、周囲の状況との関係について考察し、また、この前線に沿った垂直流について検討し、種々の方向から下降の実証を試みた。

1. はしがき

1964年7月から1965年6月の1ケ年の鹿児島の高層観測データ中、指針の定義に従って、圏界面が2つ以上とれたときをしらべると、第1表のように全観測の27



第1図 出現数の年変化

実線, 2重圏界面としてとれたもの。点線, 第1圏界面が200mb以下のもの。破線, 200mbの風速月平均

%に達する。この出現数は、1月2月3月が大きく、第1図のような年変化をしている。そして、大部分は第1圏界面が200mbより低く、この第1圏界面が200mbより低いものみの出現回数は、200mbの風の月平均値とよい相関を示し、これらが中緯度圏界面又は亜熱帯前線であることを示している。なお圏界面にはとれないが、500mb以上の高度にはっきりした不連続面が認められた例をあげれば、12月1月2月の3ケ月はほとんど全観測が該当し、年間550回に達する。

ジェット気流および前線ともなう循環や垂直交換については、古くから、大気大循環の理論などによって知られており、大気オゾン、露点ゾンデ、電気ゾンデのデータ、又めずらしい例としては、放射能ちりなどから調査されている。

この調査では、前にのべたように、鹿児島に定常的に出現する2重圏界面、とくに亜熱帯前線にそつた垂直交換などについて考察を試みた。

2. 亜熱帯前線とサブジェット

これらの亜熱帯前線の状態曲線をみていると、所謂、

第1表 第2圏界面が観測された回数

| 年月 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 合計 |
|----|-----|---|---|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 回数 | 2 | 0 | 0 | 2 | 7 | 16 | 40 | 30 | 42 | 21 | 24 | 6 | 199 |
| % | 3.2 | 0 | 0 | 3.2 | 11.7 | 25.8 | 64.5 | 69.6 | 67.7 | 35.0 | 38.7 | 10.0 | 27.3 |

500mb以上にはっきりした不連続面が認められた回数

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 回数 | 26 | 23 | 40 | 49 | 43 | 59 | 62 | 56 | 61 | 43 | 48 | 37 | 547 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

第2表 P.T. 曲線の形による分類

| 型 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------|------|-----|------|------|-----|------|
| P.T. 曲線 | | | | | | |
| 出現率 | 31.8 | 9.4 | 12.6 | 14.8 | 9.5 | 22.0 |

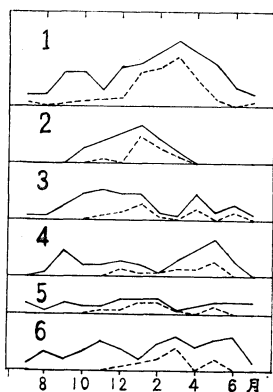
* A Study of the Double Tropopause at Kagoshima.

** Izumi Sakai; Satio Hatanaka; Akio Nagasaki, 鹿児島地方気象台.

—1966年12月28日受理—

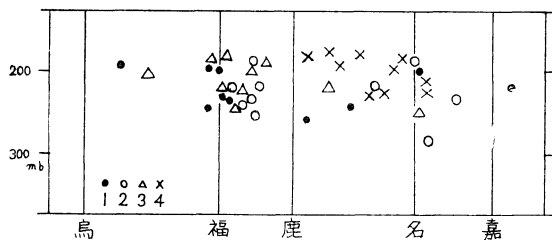
沈降型不連続面と同じ形のものが多い。そこで第2表に示したように、6つの型に分類してみると、やはり沈降型のもが多く32%になる。

この6つの型の毎月の出現回数をプロットしてみると、第2図に示したように、型によって現はれやすい季節が異なっている。



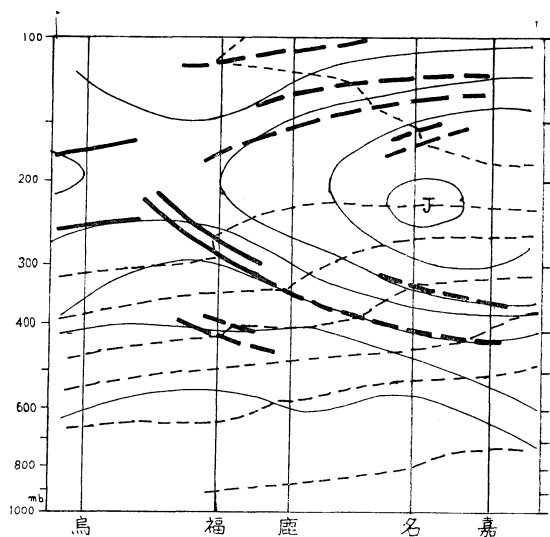
第2図 各型別年変化

次に、状態曲線の形が各型の代表と思われるような観測、各10例（圏界面としてとれたものだけでは数が不足の場合は、顕著な前線と、みとめられるものを加えた）づつをきめ、鳥山から嘉手名迄の、130度に沿った断面図を書き、サブジェクトおよび亜熱帯前線の構造などとの関係を見ると。



第3図 型別のジェットコアの位置

サブジェクトの位置との関係では、第3図に示したように、1, 2, 3, 4の各型で、サブジェクトのコアの位置が大体まとまっており、1型では福岡の真上に、2型では福岡と鹿児島の間、3型は福岡の上から鹿児島との間に、大体かたまって分布している。また4型は鹿児島から南、名瀬の上迄にあり、この位置と状態曲線の形から考えて、中緯度圏界面と亜熱帯前線の境界の辺の状態曲線である、と考えられそうだが、実際の断面図をみると第4図のように、亜熱帯前線の一部が消滅しかかっているような形の場合がほとんどであった。



第4図 鹿児島が4型のとときの断面図
実線は圏界面および前線、点線は10°C間隔の等温線、細線は10m/s間隔の等風速線を示す

3. 亜熱帯前線転移層内の垂直流

ききにきめた10例づつについて、転移層内の垂直流を、断熱法により計算し、その結果を第3表に示した。これをみると1型では正が6例、負が4例で、むしろ、この状態曲線の形からの予想に反する。しかし、3, 5, 6の各型では負の結果が多くでている。

ここで1型をのぞいて、転移層の上下の面がはっきりしているこれらの各型で、負が断然多いということは、型とはある程度無関係に、この層での下降の実証になると考える。

次に、ラジオゾンデの気球上昇速度について、転移層内の上昇速度と、その上下の層の上昇速度を、各型毎に平均すると、1, 3, 5, 6の各型とも第4表に示したように、転移層内ではその上下の層に比較して上昇速度が小さく、層内での平均的な下降を示している。

また、この前線の転移層下面と、その上下2kmの風のシアーをとり平均すると、第5表のように、2, 5型をのぞいて、反時計廻りに回転しており、やはり層内での下降を示している。

以上、ラジオゾンデの上昇速度および風のシアーから、1型も含めて、転移層のはっきりしている場合、平均的に下降していると考えられる。

次に、転移層内の湿度が観測できたもの、および露点ゾンデのデータを見ると、転移層内で湿度が小さくなっている場合が多い。1例として、第3表の計算値が正

第3表 型別垂直流計算値 (cm)

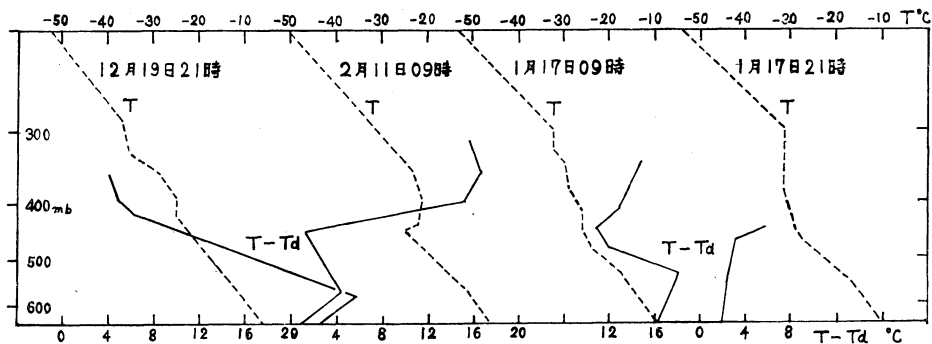
| 1 型 | | | 2 型 | | | 3 型 | | |
|------------|-------|-------|------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| 月 日 時 | 気 圧 面 | 計 算 値 | 月 日 時 | 気 圧 面 | 計 算 値 | 月 日 時 | 気 圧 面 | 計 算 値 |
| 10. 29. 09 | 350 | -1.4 | 11. 28. 09 | 250 | -7.4 | 11. 29. 09 | 350 | +3.0 |
| 12. 4. 21 | 300 | -0.6 | 12. 10. 21 | 300 | +0.2 | 12. 13. 21 | 350 | -0.0 |
| 1. 1. 21 | 200 | -0.0 | 12. 19. 21 | 400 | +16.0 | 12. 28. 09 | 400 | -0.1 |
| 2. 11. 09 | 400 | +3.2 | 1. 4. 09 | 300 | -3.7 | 1. 17. 21 | 400 | +1.9 |
| 2. 11. 21 | 350 | +1.2 | 1. 12. 09 | 400 | -1.3 | 1. 18. 09 | 400 | +5.2 |
| 2. 12. 09 | 350 | +6.1 | 1. 13. 21 | 400 | -6.5 | 1. 18. 21 | 300 | -3.3 |
| 2. 18. 09 | 350 | +1.7 | 1. 17. 09 | 400 | +3.4 | 1. 21. 21 | 350 | -0.2 |
| 3. 2. 09 | 300 | +2.1 | 2. 26. 09 | 400 | +3.1 | 2. 10. 09 | 300 | -2.4 |
| 3. 10. 09 | 300 | -1.8 | 3. 16. 09 | 400 | +5.1 | 2. 14. 09 | 350 | -3.9 |
| 4. 1. 09 | 250 | +4.9 | 3. 16. 21 | 400 | -0.7 | 2. 20. 21 | 300 | -5.2 |
| +6 -4 | | | +5 -5 | | | +3 -7 | | |
| 4 型 | | | 5 型 | | | 6 型 | | |
| 月 日 時 | 気 圧 面 | 計 算 値 | 月 日 時 | 気 圧 面 | 計 算 値 | 月 日 時 | 気 圧 面 | 計 算 値 |
| 11. 15. 09 | 300 | +0.0 | 12. 3. 09 | 350 | -0.4 | 10. 27. 21 | 300 | -3.9 |
| 11. 24. 21 | 400 | -0.1 | 12. 6. 21 | 250 | +2.4 | 2. 3. 09 | 300 | -0.4 |
| 11. 25. 21 | 350 | -0.2 | 1. 5. 09 | 250 | -0.7 | 2. 19. 09 | 300 | -8.5 |
| 12. 21. 09 | 300 | +5.0 | 1. 8. 21 | 300 | -2.0 | 2. 22. 09 | 350 | -1.8 |
| 12. 23. 09 | 250 | -2.3 | 1. 10. 09 | 350 | -3.6 | 2. 25. 21 | 350 | -1.2 |
| 12. 24. 21 | 250 | +2.3 | 1. 15. 09 | 350 | -7.1 | 3. 6. 09 | 300 | -0.6 |
| 12. 26. 21 | 300 | -0.3 | 1. 21. 09 | 300 | -3.1 | 3. 11. 09 | 300 | -1.9 |
| 12. 29. 21 | 250 | +1.3 | 2. 24. 09 | 350 | -0.9 | 3. 15. 09 | 300 | -3.3 |
| 1. 26. 09 | 300 | -1.5 | 2. 28. 09 | 250 | -1.4 | 3. 23. 21 | 300 | -1.6 |
| 1. 30. 21 | 350 | -4.5 | 2. 28. 21 | 250 | -2.4 | 3. 29. 09 | 250 | +0.4 |
| +4 -6 | | | +1 -9 | | | +1 -9 | | |

第4表 転移層附近のラジオゾンデ上昇速度 (m/min)

| 型 | 1 | 3 | 5 | 6 |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 上 | 447 | 430 | 436 | 424 |
| 転移層内 | 428 | 421 | 423 | 423 |
| 下 | 444 | 436 | 449 | 432 |

第5表 転移層下面の上下各2kmの風のシア-

| 型 | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 風 向 | 風 速 | 風 向 | 風 速 | 風 向 | 風 速 | 風 向 | 風 速 | 風 向 | 風 速 | 風 向 | 風 速 |
| 上 | 左 | 大 | 右 | 大 | 左 | 大 | 左 | 大 | 右 | 大 | 左 | 大 |
| 下 | 右 | 小 | 右 | 小 | 右 | 小 | 右 | 小 | 右 | 小 | 右 | 小 |



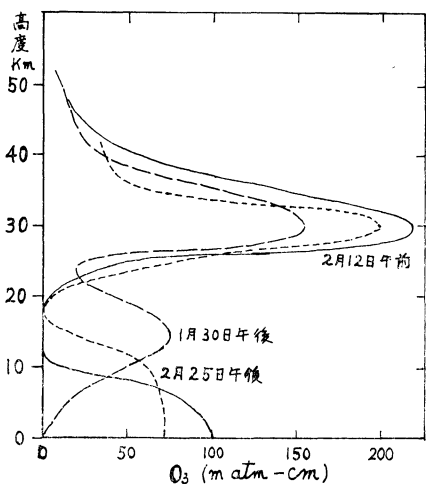
第5図 気温と T-Td の図

のときの、気温と T-Td のカーブを第5図に示した。2型の12月19日21時の +16.0cm の例では、T-Td が増加していないが、1型の2月11日9時の +3.2cm をはじめとして、他のものは、転移層に入ると T-Td が急増して、下降を意味している。

また、各型の亜熱帯前線が観測され、しかも、オゾンの反転観測ができた日のオゾン垂直分布を計算してみると、この分布からも明らかに下降が予想できる。この例のほとんどが、垂直流の計算でも負にでているが、2月12日午前は1型で +6.1cm になっているのに、他の2例とともに第6図に示したように、下層でオゾンが増加しており、やはり下降が予想できる。

また、第3表で正の場合でも断面図を書いたとき、等温位線がきれいに前線と平行して転移層内をはしることも、下降を予想する一助になるであろう。

以上、T-Td およびオゾン垂直分布などが示したように、1型その他の計算では正の場合でも、これらの傍



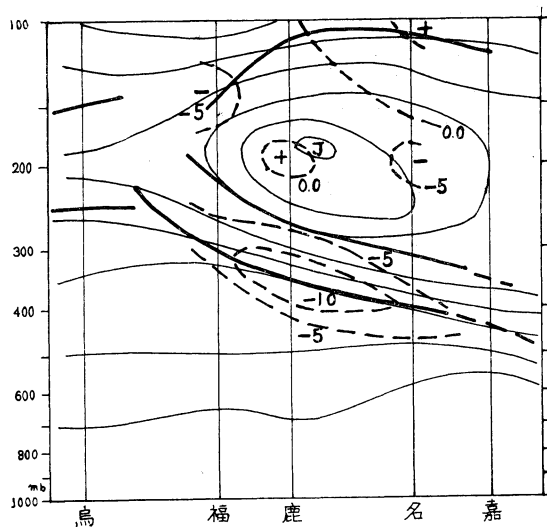
第6図 反転観測から求めたオゾン垂直分布

証から考えたとき、下降していると考えられる場合が多い。

3. 亜熱帯前線に沿った垂直流の立体構造

第3表に示した例の中で1番負の値が大きかった2月19日9時について、福岡、鹿児島、名瀬の各高度の垂直流を断熱法で計算し、断面図を作ってみると第7図のようになった。この日は本州は移動性高気圧に覆われて、鹿児島は快晴、上層では、130度線の少こし西側が、尾根の頂きになっている。300mb天気図でみるとサブジェクトは、ヒマラヤの南から等高線に沿って東進し、130度線のところでは東南東に進んでいる。

断面図をみると、サブジェクトをとりまく循環は間接循環を示し。これと別に、亜熱帯前線の下面に沿って負の強い部分が垂れ下がっており、前線に沿った垂直流の



第7図 垂直流分布図

点線が 5cm/s 間隔の等垂直流線、実線は圏界面および前線、細線は 10m/s 間隔の等風速線を示す

様子がよく現われている。

4. まとめ

以上、鹿児島で観測された2重圏界面は、そのほとんどが亜熱帯前線と熱帯圏界面であること、この亜熱帯前線の出現頻度は年間を通じてかなり多く、寒候期に増加する。この前線の状態曲線の形は、サブジェクトとの関

係位置、地理上の位置などと関係が認められ、また、転移層のはっきりした亜熱帯前線の転移層内では、下降気流が卓越しており、その立体構造は、前線下面に沿った下降を示している。などのことが判明した。

最後に、この調査に当たり、種々ご指導や助言をしていただいた。比嘉台長と毛利前台長にお礼申し上げます。

第1回夏季大学「新しい気象学」教室の経過

学会の啓蒙活動の一つとして開かれた第1回の夏期大学「新しい気象学教室」は7月21日から27日まで気象庁講堂で開かれた。参加者90名、最終回まで出席者は変わらず盛況であった。第1回目としては成功であったと言ってもよいであろう。出席者のおよそ80%は学校教師（主として高校）であった。この講習会を機会に学会に入学された人は17人（約20%）に達し、学会の発展のためにも有意義であったと思う。この講習内容は講習会プリントとして出席者にはあらかじめ配布したが出席出来なかった人からの申込みも多く、現在（8月10日）400部ほど配布した。

このような啓蒙活動は、労力さえおしまなければ、今後の学会活動においても是非つづけてゆきたいことと思われるので、回収された出席者からのアンケートに示された意見等をふくめて、参考になる点をまとめておきたい。

1. アンケートにあらわれた主な愛見

アンケートは5日と6日めに次の形で行なわれた。

①講習会の時期としていつ頃を望むか、②希望する課目、程度、講師名等、講習の内容についての御意見、③その他の意見。29人（約34%）の高い回収率で回答が得られたがこれをまとめると次のようである。

①については7月下旬～8月下旬がよいという意見が圧倒的に多く、夏の講堂は暑いから春か秋もしくは冬の休みに開いてほしいという意見が2～3あった。

②については意見はまちまちだが地学教育が普及してきたためか、今回のものより程度をあげてほしいという意見がかなりあった。これは今後の計画で考慮すべきことであろう。また総花的でなく、例えば気象レーダーといったテーマに項目をしぼって2～3日講習をしてほしいという意見もみられた。新しく希望される項目としたは、a 気象観測技術の習得できるような講習会、b 極地の気象、c 自然改造計画と気象、d 惑星の気象、e 最近の参考書、論文の紹介、f 動気候学、g 産業気象学、h 台風、i 雷、j オゾン、k 気象物理、l 小気候、m 農

業気象、n 気象災害、o 梅雨、p 天気図実習等であった。その他の③の意見としては、冷房のない講堂が大へん暑かったから、もっと涼しい環境でゆっくり講習がうけたいという意見が多かった。

2. 講習会世話人の二、三の感想

a. 出席者が最後までへらなかつたこと、講習後の質問の多かつたことは、参加者が非常に熱心な方ばかりであったことを物語るものであろう。

b. 2日目に行なわれた気象庁見学は気象庁測器課のお世話で大へん親切に行なわれたが、13時すぎまでかかる熱心な見学であった。また特に希望者には7月29日にレーダーだけの特別見学を行なった。机上の講義だけでなく講習の中に見学とか実習を加えることは今後の計画においても是非考慮すべきことであろう。

c. 学会出版物を入口において、これを販売したが、出席者が希望するものは集誌や天気ではなくて、ある問題について解説、特集されている気研ノートであった。出席者が学校の教師であるということもあるかもしれないが、学会は今後はかなり程度の高い啓蒙的解説書を出す必要はないだろうか。たとえば台風や梅雨について、新しい研究をもちこんだ解説書が是非ほしいという要望が再三いわれたが、気研ノートで、最近このような特集をしていないので要望に応じられず、大へんこまった。

d. アンケートにもみられるように啓蒙される対象は決して低くない。今回は出席者が高校教師が多かつたこともあったかもしれないが地学教育がかなり浸透してきているから、安易な気持で啓蒙活動をつづけるならば、魅力を失い出席者は減少してしまうであろう。

最後に今回の講習会について後援者となつていただいた東京都教育委員会、東京都理科教育研究会、日本地学教育学会、テキストの出版等につき色々協力をお願いした森重出版株式会社、気象庁見学につき御骨折をいただいた気象庁測器課の各位に対し厚く御礼申し上げます。

（根本順吉）